Aus dem Hygienischen Institut der Universität Marburg-Lahn
Direktor: Professor Dr. W. Pfannenstiel

Untersuchungen über die Einwirkung unipolar geladener Luft auf die Resistenz mit Bact. enteritidis Gärtner infizierter Mäuse

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
IN DER GESAMTEN MEDIZIN
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT ZU MARBURG

vorgelegt von

Friedrich Baumgarten
aus Detmold

Marburg 1940
Druckerei Hermann Bauer

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
am 20. 5. 1940.

Referent: Professor Dr. W. Pfannenstiel.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Von jeher wissen Kranke und erfahrene Aerzte, daß Witterungsumschläge auf Krankheiten einen Einfluß ausüben. Oft wird der Witterungsumschlag schon wahrgenommen, ehe er durch Instrumente meßbar geworden ist (27). Diese Wetterfühligkeit findet man nicht nur bei Kranken, sondern das tägliche Leben zeigt, daß manche Menschen und insbesondere empfindliche Personen auf Wetterumschläge mit mehr oder weniger starken seelischen oder somatischen Beschwerden reagieren. Wir kennen somit Wirkungen, welche auf die Abhängigkeit des physiologischen Geschehens vom Zustand der Atmosphäre hindeuten, ohne aber heutzutage schon einen hinreichenden Einblick in diese Vorgänge zu haben (1).

Hippokrates war einer der ersten, der den Einfluß von Klima, Jahreszeit und Witterung auf die menschliche Gesundheit in seiner Schrift: „Ueber Wasser, Luft und Boden" wissenschaftlich zu bearbeiten versuchte. Seine in diesem Werke niedergelegten Vorstellungen gerieten aber später, und vor allem im Mittelalter, wieder vollständig in Vergessenheit. Erst im 17. Jahrhundert begann man, besonders in Frankreich, wieder die Beziehungen atmosphärischer Geschehnisse zu Krankheiten zu untersuchen. In Deutschland glaubte ein Arzt namens Jawands 1794 enge Zusammenhänge zwischen der damals herrschenden Ruhr und dem Wetter beobachtet zu haben. Nachdem er die verschiedenen Witterungsformen und -abläufe im Laufe der Epidemie beschrieben hatte, kam er zu dem Schluß, die Ausbreitung der Ruhr halte fast gleichen Schritt mit der Witterung (26). Erst 1929 hat de Rudder diese Probleme wieder aufgegriffen. Sein Verdienst ist es, sie in systematischen Untersuchungen auf wissenschaftlicher Grundlage angegangen und erforscht zu haben (25).

Es ist immer wieder aufgefallen, daß manche Krankheitssymptome eine zeitweise Häufung auf einen oder wenige Tage aufweisen (36). Namentlich bei Kehlkopfcroup, später bei Schwangerenekklampsie, Säuglingstetanie und Apoplexie konnte man an gemeinsame Auslösungsursachen atmosphärischer Art denken (36). Durch Beobachtung an sich seltener, jedoch während begrenzter Zeiträume gehäuft auftretender, wohl charakterisierter Erkrankungsbilder (25), gelang die Aufstellung einer ganzen Reihe von Krankheiten, deren Auslösung durch atmosphärische Einflüsse gesichert oder zumindest als wahrscheinlich gelten darf (s. Tab. I). Unter diesen Wetterkrankheiten (meteorotropen Krankheiten) finden sich auffallenderweise eine Reihe von Erkrankungen, deren Erreger bekannt sind, und für die das Vorhandensein dieser Erreger eine Grundbedingung darstellt. Deshalb ist anzunehmen, daß atmosphärische Einflüsse nur

als auslösende Faktoren in Frage kommen, vorausgesetzt, daß ausserdem auch eine entsprechende Disposition besteht bzw. entsteht.

Tabelle I.

Wetterkrankheiten („Meteorotrope Krankheiten") (3).
Ein Zusammenhang zwischen Krankheitsschüben und dem Durchzuge atmosphärischer Unstetigkeitsschichten ist:

gesichert oder fast gesichert	sehr wahrscheinlich	möglich, aber noch eingehend zu untersuchen
Akuter Kehlkopfcroup (jeder Aetiologie).	Croup, Pneumonie, Asthma-bronchiale Anfälle (gewisse Formen).	Beginn von Diphtherie (auch septische Formen) und von Scharlach.
Spasmophilie beim Säugling in allen akuten Manifestationen (tetanische und eklamptische Anfälle).	Epileptische Anfälle.	Gewisse Schmerzattacken bei Koliken verschiedenster Art.
Eclampsia gravidarum.	Appendicitis (gewisse Formen).	
Schmerzattacken (Wetterempfindlichkeit an allen chronisch entzündeten Geweben; rheumatisch an Narben, an arthritisch veränderten Gelenken, an tuberkulösen Narben, im Lungengewebe usw., lanzinierende Schmerzen bei Tabes).	Migräneanfälle (gewisse Formen).	
	Malariaanfall bei chronischer Malaria.	
	Plötzliche Todesfälle beim Säugling (Ekzemtod).	
	Lungenembolie.	
	Tod an Coronarsklerose.	
	Anginen (genuine und postoperative).	

Alle Untersuchungen, die den Ablauf physiologischer Vorgänge zu den physikalischen Bedingungen der Umwelt in Beziehung setzen wollten, deckten die Schwierigkeit auf, durch Ermittlung der einfachen meteorotropen Elemente den Einfluß der Witterung und des Klimas auf das Befinden des Menschen zahlenmäßig zu erfassen (17). Man registrierte durch laufende Messungen Aenderungen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, des Barometerstandes, der Windstärke, der Windrichtung und anderes mehr, ohne jedoch zu einem schlüssigen Ergebnis zu kommen.

Statt der Messung einzelner Witterungsfaktoren ging man daher dazu über, die Gesamtwirkungen der jeweils über uns lagernden Luftmasse zu erforschen (Bjerknes, Solberg, Bergeron). Dabei ergab sich, daß nicht allein die Luftkörper selbst, sondern vor allem ihre Grenzschichten krankheitsauslösend zu wirken vermögen.

Auch beim Durchgang kleiner Zyklonen, ja, selbst wenn die Zyklone occludiert, d. h., wenn sie durch die unterströmenden Kaltluftmassen vom Erdboden abgehoben sind und deshalb die einzelnen meteorotropen Elemente in Erdnähe nur unwesentliche Aenderungen aufweisen, konnten Einwirkungen auf Lebewesen beobachtet werden.

An Hand von Beobachtungen und Nachprüfungen von Krankenstatistiken läßt sich immer wieder zeigen, daß Häufungen bestimm-

ter Krankheitsformen ganz vorwiegend beim Durchzug solcher atmosphärischer Unstetigkeitsschichten auftreten (32, 36). Auch entsprechende Einflüsse auf Gesunde (Blutdruck) wurden nachgewiesen (Franke) (36). Damit ist die Koinzidenz meteorotroper Krankheitserscheinungen mit dem Durchzug von Fronten als gesichert anzusehen. Offen bleibt zunächst nur die Frage nach dem Vorgang, dem meteorotropen Faktor, der an einer Unstetigkeitsschicht als das eigentliche krankheitsauslösende Agens anzusprechen ist. Es sind darüber nur Vermutungen, sowie auch ausschließende Feststellungen möglich. So ist mit Bestimmtheit zu sagen, daß die oben erwähnten Elemente, wie Windstärke, Barometerstand usw., allein nicht in Frage kommen.

Die Luft, in der sich diese Veränderungen abspielen, haben wir als ein Kolloid aufzufassen, in dem die tragende Phase aus Gasen — hauptsächlich aus Sauerstoff und Stickstoff — besteht, während sich die schwebende Phase aus kleinsten Teilchen: Suspensionen, und Schwebeteilchen zusammensetzt (2, 6, 20, 22, 35, 36, 37). Die schwebenden festen Bestandteile beanspruchen größtes Interesse; zum Teil sind sie positiv oder negativ elektrisch geladen, man nennt sie dann Ionen. Sie sind also Molekülkomplexe mit elektrischer Ladung, oft vorwiegend einheitlichen Vorzeichens. Ueber ihren physikalisch-chemischen Aufbau ist noch wenig bekannt. Alle Ionen besitzen die gleiche elektrische Ladung eines elektrischen Elementarquantums, ihre Beweglichkeit im elektrischen Feld wird nur von ihrer Größe bestimmt (38). Auf Grund von Messungen ihrer Wanderungsgeschwindigkeit im elektrischen Feld von der Feldstärke 1 Volt, kam man zur Unterscheidung folgender Größenarten (2):

Ionenspektrum nach Israel.

1. Ultragroßionen (Beweglichkeit kleiner als $2{,}5 \times 10^{-4}$ cm²/Volt-sec.).
2. Langevin-Ionen (Beweglichkeit von $2{,}5 - 10 \times 10^{-4}$ cm²/Volt-sec.).
3. Große Mittelionen (Beweglichkeit von $10 - 100 \times 10^{-4}$ cm²/Volt-sec.).
4. Kleine Mittelionen (Beweglichkeit größer oder gleich 100×10^{-4} cm²/Volt-sec.).

Daneben gibt es noch die kleinen Ionen, die keine großen Beweglichkeitsunterschiede aufweisen, sodaß sie nicht abgestuft zu werden brauchen. Sie sind in der Regel Zusammenballungen von neutraler Luft oder von Wasserdampfmolekülen um ein einzelnes geladenes Molekül, im Gegensatz zu den mittleren und großen Ionen, die ihre Entstehung der Adsorption von Klein-Ionen an ungeladene (flüssige oder feste) Kerne verdanken.

Das Ionenspektrum ist von Ort zu Ort unter den Witterungseinflüssen stark verschieden. Eine besondere Rolle für die Verschiebung des spektralen Schwerpunktes im Ionenspektrum scheint die Veränderung der absoluten und relativen Feuchtigkeit zu spielen. So fanden Polock und später Israel bei zunehmender absoluter und relativer Feuchtigkeit eine Verschiebung nach der kleinen Beweglichkeit hin, wobei die Ionenzahl selbst zunahm (17).

Für den absteigenden Luftstrom folgt aus seiner Armut an Verunreinigungen und Kernen, sowie aus seinem geringen Feuchtigkeitsgrad ein Ueberwiegen der Ionen größerer Beweglichkeit, also der kleinen Elektrizitätsträger. Aufsteigende Luftmassen, Dunstschichten und Wolken zeichnen sich dagegen durch einen großen Gehalt an Ionen geringer Beweglichkeit infolge der dort vorhandenen Anhäufung von Kernen und Wassertröpfchen aus, wobei hervorzuheben ist, daß in diesen Schichten auch eine große Zahl ungeladener Kerne existiert. Tritt also der vielfach als primäre, pathogene Ursache angenommene absteigende Luftstrom mit geringer Feuchte und mit seinem relativ großen Gehalt an kleinen Ionen mit Wolken usw. in Berührung, so erfolgt an der Berührungsfläche zu den vorher vorhandenen Luftmassen eine starke Aenderung in Ionenzahl und -spektrum.

Neben der Beweglichkeit spielen aber auch Anzahl und Ladungsvorzeichen eine Rolle. Vor allem in den höheren Schichten hat die Luft in der Regel einen Ueberschuß an positiv geladenen Teilchen (bei besonderer Wetterlage kehrt sich der Ueberschuß auch um). Infolgedessen besteht von jedem Punkt der Atmosphäre zu der negativ geladenen Erde ein Potentialgefälle, das im Mittel 100 Volt pro m beträgt. Bei besonderen Wetterlagen kann das Potentialgefälle bis zu 1 Million Volt pro m steigen. In diesem Feld bilden die wandernden Ionen einen sehr kleinen Vertikalstrom, einen ausgleichenden Strom zwischen Atmosphäre und Erde (2, 7).

Dem schnellen Wechsel des Potentialgefälles bei Aenderung der Wetterlage und damit des luftelektrischen Vertikalstromes schreibt Klotz (30) physiologische Wirkungen zu. Er glaubt, daß davon die Wetterfühligkeit abhängen müsse; denn je nach der rasch wechselnden Beschaffenheit der Raumladungen, muß auch die Reizwirkung auf die Körperoberfläche verschieden sein (17).

Wie aus dem bisher Beschriebenen hervorgeht, war man durch Vergleiche mit Krankenstatistiken und klimatischen Beobachtungen, insbesondere bei der Betrachtung von Unstetigkeitsschichten in der Atmosphäre, zu der Ueberzeugung gelangt, daß die Ionisation ein auslösender Faktor für manches Krankheitsgeschehen sei. Denn es zeigt sich, daß in der Atmosphäre immer positive und negative Ionen zu gleicher Zeit vorhanden sind. Dabei schwanken sie im Ueberwiegen eines Vorzeichens, sowie in ihrer Art und in ihrer Beweglichkeit (7, 8). Bei den Messungen war weiter aufgefallen, daß trockene Luftschichten vorwiegend negative Ladung führten, während in Dunst- und Nebelschichten das positive Vorzeichen überwog (2).

Da nun Veränderungen luftelektrischer Größen und dadurch bedingte Reaktionen des Menschen in keinen geordneten Zusammenhang zu bringen waren, ergab sich hier ein weites Feld für experimentelle Arbeiten. Daher wurde zuerst versucht, mit Hilfe be-

sonderer Anordnungen Luft mit nur einer Ladung, also mit Trägern positiven oder negativen Vorzeichens, in hinreichender Menge herzustellen, um deren biologische Wirkung zu prüfen (7).

Bei der Auswahl des Ionisierungsgerätes mußten folgende Forderungen beachtet werden:

1. Erzeugung entweder nur positiver oder nur negativer Ionen; oder eine Möglichkeit, die Ionen mit nichtgewünschtem Vorzeichen abzufangen.
2. Eine möglichst große Menge von Elektrizitätsträgern.
3. Ausschaltung jeglicher stofflicher Beimengungen.
4. Die Möglichkeit des Einflusses auf Form und Beweglichkeit der Ionen.

So entstanden im Laufe langwieriger Versuche über einfachste Methoden, wie Influenzmaschine, Röntgenstrahlen, Einfall ultravioletten Lichtes, Hochspannung (Glimmentladung), Hochfrequenz, Flammen, glühende Alkalien und Metalle, Ionisationsgeräte, die den geforderten Voraussetzungen mehr oder weniger entsprachen.

Einige Beispiele zeigen folgende Einzelheiten (39):

1. Ionisierung der Luft durch die Quarzlampe. (Die ersten Versuche stammen von L e n a r d) mit folgenden Ergebnissen: Bildung von:
   a) positiven und negativen Ionen.
   b) Kondensationskernen.
   c) Ozon.
2. Kohlenbogenlampe: sie ionisiert die Luft in sehr starkem Maße. Es entstehen:
   a) Deutlicher Ueberschuß positiver Ionen;
   b) Große Mengen von Kondensationskernen.
3. Ionisator A. E. G. Er beruht auf Ausstrahlung hochgespannten Stromes aus Spitzen und ist für drei Ionisierungsstufen gebaut. Seine Wirkungen:
   a) Negative Ionen.
   b) Keine Kondensationskerne.
   c) Verschiedene Dosierbarkeit.
4. Ozonisator von Siemens-Schuckert. Er kann die Luft nur ziemlich schwach ionisieren und bildet eine relativ hohe Zahl von Leichtionen.
5. Kleinklimagerät nach Küster-Meixner. Seine Funktion wird im folgenden noch genaustens besprochen.
6. Dessauer'sche Versuchsanordnung. Dabei wird ein glühender Magnesiumoxyd-Preßkörper als Ionisationsquelle benutzt. Ergebnis:
   a) Praktisch unipolar positive oder negative Luft. (Beimengungen unter 2%).
   b) Mittelschwere Ionen.
   c) Konstante Menge.

Zuerst wurden nun Versuche unternommen, bei denen festzustellen war, ob die positiven oder die negativen Ionen einen günstigen Einfluß auf ihre Umwelt ausübten. Nach Angabe der Versuchspersonen rief ein Ueberschuß von positiven Ionen (mittelschwere MgO-Ionen der Dessauer'schen Versuchsanordnung) merklich ungünstige physische Wirkungen hervor. Dabei erinnerten einige Erscheinungen an die Höhenkrankheit mit der erschwerten Atemnot, der Steigerung der Atemfrequenz, Benommenheit und Schwindel, der leichten Ermüdung und Schläfrigkeit bis zur Schlafsucht. Nach Inhalation negativer Ionen wurde dagegen häufig angegeben, daß sich die Versuchspersonen während der Versuche besonders frisch fühlten und nachher körperlich und geistig leistungsfähiger waren (21). Nur in einigen Fällen wurde das Auftreten von Ermüdungserscheinungen beobachtet (14).

Weitere Versuche über den Einfluß negativer Ionen auf den Blutdruck zeigten, daß bei Hypertonikern, also unter pathologischen Umständen, häufig eine Senkung des Blutdrucks für längere Zeit erfolgte, mit sichtlichem Einfluß auf das Allgemeinbefinden der Patienten. Dagegen ging mit der Blutdruck erhöhenden Wirkung der positiven Ionen eine deutliche Verschlechterung des Allgemeinbefindens einher. Auch Wilhelmy erzielte in der Behandlung von Hypertonikern mit negativ unipolar geladener Luft gleich günstige Erfolge; denn Blutdrucksenkung und Verminderung der subjektiven Beschwerden traten immer dann auf, wenn es sich um eine essentielle oder klimakterische Hypertonie, also Erkrankungen ohne Nierenbeteiligung, handelte (8, 14, 18, 21, 31).

Durch die Bemerkung einer mit negativen Ionen behandelten Patientin, daß sie an Behandlungstagen stets mehr Urin lassen müsse, wurde Happel veranlaßt, systematische Untersuchungen über die Einwirkung ionisierter Luft auf die Diurese vorzunehmen. Dabei zeigte sich, daß beim Einatmen von positiven Ionen eine Wasserretention im Gegensatz zur Mehrausscheidung bei negativer Ionisation stattfand (14). Interessant sind in diesem Zusammenhang auch Angaben von Fliegern, wonach sie manchmal in großer Höhe an Harndrang bis zur Inkontinenz leiden. Bisher nahm man als Ursache dafür Kälte und nervöse Störungen an, jetzt denkt man aber auch hier an die Mitwirkung von Luftionen, denn nach Wiegand nimmt die positive Raumladung der Atmosphäre nach oben zu ab. Auch Wolkeneinfluß und Gewitterlage bedingen nicht selten negative Raumladungen (14).

Die Versuche beweisen, daß auf experimentellem Wege eine Einwirkung unipolarer Luft zu erzielen ist. Und zwar wirken positive und negative Ionen entgegengesetzt, wobei im allgemeinen den negativen Ionen gegenüber den positiven eine günstige Wirkung zuzuschreiben ist. Eine weitere Frage bleibt, wie werden die Ionen vom Körper aufgenommen, und was für Einflüsse üben sie auf ihn aus?

Dabei rücken zwei Organe in den Vordergrund der Betrachtung,

die als Aufnahmegeräte des Körpers für atmosphärische Aenderungen am natürlichsten erscheinen: Die Haut (Dorno) und die Lunge (Schorer).

Dorno stellt sich vor, daß die Haut elektromagnetische Wellen empfängt, die die sensiblen Hautnerven erregen. Dadurch ändert sich der Funktionszustand der Haut, bis darauf schließlich das vegetative Nervensystem und die von ihm gesteuerten Organe ansprechen. Erhärtet wird die Theorie durch die Tatsache, daß die Leitfähigkeit der Haut (Huber), ihr Gleichstromwiderstand (Duppe) und das Kapillarbild (Bettmann, Franke) bei Wetterschwankungen tatsächlich geändert werden (25).

Schorer glaubt dagegen, daß das Einatmen von Luft mit gestörtem Ionengleichgewicht im Körper eine Aenderung der Blutreaktion und dadurch eine Erregung des vegetativen Nervensystems auslöse (25). Entscheidend ist also immer eine Erregung des vegetativen Nervensystems.

Bei den meisten experimentellen Untersuchungen wählte man von vorneherein den Weg der Inhalation, einmal, weil feuchte Schleimhaut besser als trockene Oberhaut leitet; zum andern, weil anzunehmen war, daß auf der 90 mal größeren Oberfläche der Lunge weit mehr elektrisch geladene Teilchen zur Resorption kommen würden als auf der Haut. Natürlich sind auch Einwirkungen auf die Oberhaut in Betracht zu ziehen (14).

Nun mußte aber erst einmal bewiesen werden, daß die Ionen überhaupt bis zur Lunge vordringen und nicht schon beim Eintritt in Mund oder Nase ihre Ladung und damit ihre Wirkung verlieren. Bei den dazu angestellten Respirationsversuchen fiel als erstes die atemverlangsamende Wirkung der negativen Ionen auf und die atembeschleunigende der positiven Ionen, die an Sauerstoffmangel denken ließ (14, 21). Dann gelang es Janitzky (15) zu zeigen, daß ionisierte Luft bis in die Lunge eindrang und nicht schon im Anfangsteil des Atemtraktes verschwand; denn während $^3/_4$ der Gesamtladung zurückblieb, wurde ein Teil der Ionen wieder ausgeatmet.

Bei weiteren Versuchen zeigte sich, daß Ionen auch aus solchen Lungenteilen kommen, in die sie nicht eingeatmet sind. Ferner hat man etwas sehr Wesentliches festgestellt, nämlich, daß Ionen mittlerer Beweglichkeit beim Einatmen größtenteils in der Lunge zurückbleiben, während leicht bewegliche Ionen, wie sich aus Janitzky's Versuchen ergibt, nicht in nennenswerter Weise in die Tiefe zu dringen vermögen. Sie verschwinden fast alle (praktisch vollständig) vorher im Mund und in der Rachenhöhle (14). Demgegenüber werden die Langevin-Ionen zum großen Teil wieder ausgeatmet. Daraus folgt, daß die Beweglichkeit dafür maßgeblich ist, ob und wie weit die Ionen in die Atemwege eindringen. Durch exakte, umfassende Untersuchungen Dessauer's und seiner Mit-

arbeiter wurde so festgestellt, daß von den 4 Ionenbereichen die schweren Mittelionen die biologisch wichtigsten sind.

Tschijewsky (13) stellt sich die Einwirkung der Ionisation so vor, daß die Ionen bei ihrem Eindringen in die Lunge das Lungenendothel elektrisch aufladen. Von hier aus werden dann die Blutkörperchen durch Induktion aufgeladen, wobei ihre natürliche Ladung durch negative Ionen vergrößert wird. Diese elektrische Ladung wird dann auf dem Blutweg in die einzelnen Gewebe gebracht, wo sie verschiedenartige Beeinflussungen hervorrufen kann. So treten Aenderungen der Reizbarkeit der sensorischen und motorischen Nerven auf (8). Chronaxie und Reizschwelle erhöhen sich in positiv geladener Luft, während bei negativer Ladung das Umgekehrte der Fall ist (10). Daraus folgt, daß die sensiblen Nerven bei negativer Ladung der Luft reizbarer als gewöhnlich werden (8).

Da alle beeinflußbaren Veränderungen von Blutdruck, Grundumsatz, Diurese und Atmung vegetativ bedingt sind, glaubt man, die Voraussetzungen für Wetterempfindlichkeit in Störungen des vegetativen Systems und schließlich in einer Zustandsänderung der Zelle selbst suchen zu müssen. Gewebssäuerung und Kalkverarmung bedingen in einer Veränderung des Ionenmilieus, also in einer Störung der aktuellen Blutreaktion und in einer Störung des Gyorgischen Quotienten eine Erregbarkeitssteigerung oder -herabsetzung. Dabei liegen oft Störungen der inneren Sekretion vor (42).

Auch Arnoldi nimmt an, daß die Einwirkung des Wetters auf einer direkten oder indirekten Beeinflussung der Gewebsatmung beruht. Bei günstigem Einfluß wird die Gewebsatmung angeregt, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit wachsen, während ungünstiger Einfluß die Gewebsatmung vermindert. Die dabei auftretenden Beschwerden erinnern an die Bergkrankheit, bei der wir auch an örtlichen oder allgemeinen O_2-Mangel denken können.

Auf die verschiedensten Weisen können sich nun Beeinflussungsmöglichkeiten ergeben. Einmal könnte die Durchblutung einzelner Gewebe oder Organe und somit ihre Atmung gefördert, bzw. gehemmt werden. Andererseits könnten bei Vitaminmangel durch Witterungseinflüsse chemische und physikalisch-chemische Aenderungen hervorgerufen werden (11) und dadurch wieder Aenderungen in der Gewebsatmung. Eine Begünstigung der Gewebsatmung würde eine erhöhte Widerstandskraft gegen Infekte mit sich bringen. Dadurch würden unter Umständen sogar bösartige Keime zu gutartigen verwandelt. Jedenfalls könnte man es auf die Anregung der Gewebsatmung schieben, wenn durch einen Klimawechsel, d. h. durch den dadurch entstehenden klimatischen Reiz, oftmals eine hartnäckige Erkältung im Handumdrehen zur Abheilung kommt. Entgegengesetzte Gesichtspunkte drängen sich bei einer Beeinträchtigung der Gewebsatmung auf. Wie sollte man sich auch sonst die auffallende Tatsache verständlich machen, daß im Hochgebirge, in dem die Luft doch besonders rein und keimfrei ist, zuweilen gerade-

zu kleine Endemien von Anginen, Scharlach und anderen Erkrankungen auftreten. Es muß dabei schon an eine Umwandlung vorübergehend ruhender, apathogener Keime in bösartige oder umgekehrt gedacht werden (4). Auch Martini und Fülleborn beobachteten auf dem Balkan während des Weltkrieges, daß Malariaanfälle durch Wetterstürze ausgelöst wurden (36).

Außerdem wissen wir, daß jede Bakterienart für ihre Existenz eines bestimmten, elektrischen und biologischen Optimums und Minimums bedarf. Deshalb kommt man unwillkürlich zu der Annahme, daß die durch die verschiedene Intensität der Gewebsatmung bedingten Gewebsänderungen für die Entwicklung und Vermehrung, kurz, die Virulenz vorhandener Infektionskeime verantwortlich zu machen sind (28). Diese Aenderungen bringen sowohl Jahreszeit, wie Witterung, wie auch das zum Teil in gleicher Art wirkende Klima mit all seinen Einzelfaktoren, von denen man den luftelektrischen Vorgängen eine besondere Bedeutung zubilligt, mit sich. Die Folgen sind eine Häufung, andererseits eine Verminderung mancher Infektionskrankheiten, sowie ihr mehr gut- oder bösartiger Verlauf (4).

Der Gedanke an eine Beeinflussung der Gewebsatmung findet vielleicht in dem Folgenden eine weitere Anregung. Man weiß nämlich (14), daß bei Zusatz von CO_2 zu negativ geladener Luft die Ausbeute an Ionen außerordentlich schnell und zwar fast bis zum völligen Verschwinden der elektrisch geladenen Teilchen abnimmt. Bei Zusatz zur positiv geladenen Luft ändert sich die Ausbeute nicht oder nur gering. O_2 wie N_2 beeinflussen dagegen die Ionenmenge keineswegs. Siempson fand nun im Mensch- und Tierversuch eine Wasserretention, wenn der Atemluft in hoher Konzentration CO_2 zugesetzt wurde. Das veranlaßte Happel zu Versuchen, bei denen er zeigen konnte, daß bei der Einwirkung positiver Ionen, die ja durch CO_2-Gehalt nicht beeinflußt werden, der hemmende Einfluß der Kohlensäure auf die Wasserausscheidung ungehemmt zur Wirkung kommt. Die Hemmung fällt dagegen fort, wenn negative Ionen einwirken. Das besagt, daß bei negativer Ionisation erhöhte Diurese auftritt. Man könnte daran denken, daß durch die Einwirkung der negativen Ladung auf die Kohlensäure letztere aus dem Luftstrom eliminiert oder jedenfalls in ihrem Einfluß auf den Organismus irgendwie verändert würde. Verschiedene Tatsachen sprechen aber dagegen. Es scheinen auch nicht so sehr quantitative, sondern eher qualitative Unterschiede in der Wirkung des CO_2 auf die Wasserausscheidung vorzuliegen. Vielleicht muß man daran denken, daß unter dem Einfluß der negativ bzw. positiv geladenen Teilchen die Kohlensäure in ihrer Aktivität auf den Organismus gegensätzlich beeinflußt wird. Gleiche Zusammenhänge würden dann auch bei der Resorption und Ausnutzung des Sauerstoffes eine Rolle spielen. Jedenfalls kann man neben dem unterschiedlichen Verhalten

der beiden lebenswichtigen Gase CO_2 und O_2 gegenüber den elektrisch geladenen Teilchen mit eine der Ursachen für die bisher beobachteten unterschiedlichen Wirkungen negativer und positiver Ionen auf den menschlichen und tierischen Organismus erblicken (14).

Auf Grund dieser experimentell gewonnenen Resultate ging man daran, Naturerscheinungen mit ihrer Wirkung auf den Menschen unter dem Gesichtspunkt der Ionenwirkung zu erforschen.

Die heilende Wirkung der Luft an Wasserfällen auf mancherlei Beschwerden war schon immer aufgefallen und bekannt (Bad Gastein usw.). Jetzt stellte man durch exakte Messungen fest, daß in der Nähe von Wasserfällen eine starke negative Raumladung zu finden war (18). Küster wies nach, daß Luft, die durch feuchte Vorhänge geschickt wird, den Grundumsatz verringert. Auch wenn Wasser fein zerstäubt wird, nehmen Kerne und Ionengehalt sehr erheblich unter Umständen bis zum Zehnfachen zu. Gewöhnlich bekommt man dabei eine große Unipolarität, die ein Ueberwiegen negativer Ionen zeigt. Lenard deutete letztere Tatsache durch das Zerreißen von Wassertropfen; die Erscheinung wird daher „Lenard-Effekt" genannt. Dieser tritt jedoch nur auf, wenn das Zerstäuben unter hohem Druck vor sich geht, oder die Tropfen auf feste Wände fallen (29), wie es ähnlich beim Zerstäuben des Salzwassers in der Brandung geschieht (17).

Weiter wandte man sich der Erforschung der Bergkrankheit zu, da ihre Symptome große Aehnlichkeit mit denen haben, die beim Einatmen positiv geladener Luft auftreten. Man kam dabei zu der Feststellung, daß die Ionisation im Gebirge allgemein wächst, daß aber an den Bergspitzen die positive Ladung im Verhältnis zur negativen stark gesteigert ist (Straßburger). Damit ließ sich ein Zusammenhang zwischen Experiment und Natur feststellen. Nur die Wirkung des Föhns, dieses hervorragenden Beispieles atmosphärischer Einwirkung auf Mensch wie Tier, ließ sich nicht zufriedenstellend erforschen. Manche Beobachter kamen auf Grund ihrer Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Föhnwirkung auf ein Ueberwiegen an positiven Ionen zurückzuführen sei (1, 21); andere lehnen das aber wieder ab (33).

Versuche, mittels ultravioletter Strahlen unipolar geladene Luft herzustellen, brachten eine Deutung für die häufig auftretenden unangenehmen Nachwirkungen der Höhensonnenbestrahlung. Man erklärt sich heute die vor allem bei Menschen mit labilem vegetativen Nervensystem auftretenden Beschwerden, wie allgemeines Unwohlsein mit Schwindelgefühl, Kopfdruck, Unruhe und Brechreiz, weniger durch die Einwirkung der Bestrahlung an sich, als mit der Einatmung der dabei entstehenden Kerne, die dann, wie schon ausgeführt, auf das vegetative Nervensystem wirken (9).

Neben diesen Forschungen, die sich allein mit vegetativ gesteuerten Erkrankungen befaßten, wurde die Einwirkung negativer Ionen

auf das Blut erforscht. Auch eine Zunahme des Haemoglobins war beim Menschen und beim künstlich anämisch gemachten Hund festzustellen. Nekludow (37) fand insofern einen Einfluß, als positive und negative Ionen eine Leukopenie erzeugen, die nach 3 Stunden in eine Leukozytose übergeht. 24 Stunden später ist das Blutbild wieder normal. Nur dauernde tägliche Einwirkung erzeugt schließlich chronische Leukozytose. An sonstigen Blutbildveränderungen treten bei anhaltender negativer Ionisation Monozytosen auf, deren Ursprung unbekannt ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach erscheinen sie infolge der Steigerung der funktionellen Tätigkeit des retikulärendothelen Gewebes durch die ungewohnten Reize.

Als erster stellte Picard Versuche mit Ultraviolettstrahlung auf tuberkulöse Meerschweinchen an. Auch Dessauer beobachtete die Einwirkung negativ ionisierter Luft auf die Tuberkulose. Seine Versuche mit infizierten Mäusen verliefen völlig ergebnislos, während Picard und auch Nekludow (37) einen günstigen Einfluß feststellten. In neuerer Zeit unternahm Küster (34) Versuche mit von ihm angegebenen Ionisationsgeräten. Es gelang ihm, durch die negative Ionisierung eine recht beträchtliche Lebensverlängerung der tuberkuloseinfizierten und tumorinfizierten Tiergruppen zu erzielen. Er verwandte als Versuchstiere Mäuse, die einmal mit Tuberkulose intravenös, zum andern mit Carcinom und Sarkom subkutan und intraperitoneal geimpft waren.

Eine weitere Untersuchung galt dem Erkältungsproblem näher zu kommen. Am hiesigen Institut wurden deshalb Versuche über die Einwirkung negativ unipolarer Luft auf die Schleimhäute eines Kaninchens gemacht. Dabei zeigte sich, gemessen an Temperatur und Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft, eine deutlich wahrnehmbare Labilisierung der Schleimhäute des Atemtraktes; sie kann vielleicht Anlaß zu Erkältungen geben. Zu Beginn kommt es oftmals zu einem Gefäßspasmus, der in eine Hyperämie übergeht, die möglicherweise auch als aktive Abwehrmaßnahme gegen Infekte zu werten ist (2).

Alle diese Untersuchungen zeigten durch ihre Ergebnisse, daß sich wohl Einwirkungen durch künstlich unipolare Luft feststellen ließen. Aber es ergaben sich auch die verschiedensten Einwände gegen die Ionenhypothese, wie z. B. folgende:

1. Die in Freiluft (selbst bei Föhn) vorkommenden Großionenkonzentrationen sind um ein Vielfaches geringer als die im Laboratorium künstlich erzeugten Ionenmengen.
2. Der in der Freiluft bei den verschiedensten Wetterlagen auftretende Ionenüberschuß des einen oder anderen Vorzeichens steht in keinem Verhältnis zur Höhe der künstlich erzeugten unipolaren Raumladung. In der Regel weichen positive und negative Freiluftionen zahlenmäßig kaum von einander ab (8). Daran ist verschiedentlich die Vermutung geknüpft, daß die

bisherigen biologischen Feststellungen wahrscheinlich auf pharmakologischen Wirkungen der Ionen beruhen, wobei dann die Ladung eine untergeordnete Rolle spielt.

3. Möglicherweise sind auch adsorbierte Gase von Bedeutung; denn bei der überaus großen Oberfläche, die feinster Staub im Verhältnis zu seiner Masse hat, ist anzunehmen, daß die Teilchen sehr beträchtliche adsorbierte Gasmengen tragen (15).
4. Es ist merkwürdig, daß die typischen Zeichen der Wetterfühligkeit (Migräneanfall, Narbenschmerz) oft bis auf die Minute genau mit dem Durchzug einer Unstetigkeitsschicht zusammenfallen, auch wenn sich die betroffenen Personen im geschlossenen Zimmer, hinter Doppelfenstern aufhalten. Denn es ist bekannt, daß die luftelektrischen Verhältnisse in der Nähe von Gebäuden usw. stark gestört sind. Die Luftelektrizität müßte also ihre Wirkung im „ständig gestörten" Feld entfalten (30).

Die elektrischen Eigenschaften des Aerosols wären unter diesen Umständen eben zu eng gefaßt, und man müßte sie auf jeden Fall erst einmal durch die Bestimmung der chemisch-stofflichen Natur der Ionen und der Suspensionen ergänzen. Der elektrischen Ladung der Suspensionen könnte vielleicht insofern eine Bedeutung zukommen, als ihre Ladung nach Art eines katalytischen Effektes (24) die Aufnahme der Partikelchen in den Organismus erleichtert (22).

Fest steht jedenfalls, daß durch verschiedene Arten von Ionisationsapparaten eine günstige Einwirkung auf mancherlei Funktionen und Krankheiten des Körpers erzielt ist. So wirkt ionisierte Luft auf Blutdruck, Grundumsatz, Diurese, Atemfrequenz, Blutbild, vegetatives Nervensystem und mittelbar auf endokrine Drüsen, Wachstum, Geschlechtstätigkeit (30), Tuberkulose, Carcinom, Sarkom und anderes mehr. Auch der Zusammenhang zwischen atmosphärischen Umwelteinflüssen und manchen Krankheitserscheinungen ist mit absoluter Sicherheit festzustellen. — Daraus ergibt sich, daß eine weitere Erforschung der Zusammenhänge und eine Erprobung der Behandlung mit ionisierter Luft, ganz gleich, ob mit oder ohne pharmakologischen Effekt, oder mit anderen Einwirkungen auf Krankheiten jeder Art von höchster Bedeutung ist.

Infektionsversuch mit Bact. enteritidis Gärtner an weißen Mäusen.

Auf Grund der eben angeführten Schlußfolgerung über die Wirkung ionisierter Luft, besonders in ihrer künstlich hergestellten Form, wurden von der Staatlichen Forschungsabteilung für Kurortwissenschaft und medizinische Klimatologie beim Hygienischen Institut der Universität Marburg, im Tierexperiment Versuche mit überwiegend negativ geladener Luft unternommen. Um festzustellen, ob durch Aenderung des Blutchemismus und oxydativer Prozesse

auf haematogenem Wege auf die Zellen des Organismus bei akuten Infektionen eine Einwirkung zu erzielen sei, wurde als Infektionskrankheit Enteritis Gärtner gewählt.

Eine Stärkung des Organismus, mit der nach dem vorher Gesagten unter dem Einfluß negativ geladener Luft gerechnet werden durfte, ließ gerade in dem lymphoidreichen Gewebe des Dünndarms eine verstärkte Abwehr gegen pathogene Mikroorganismen erwarten.

Die Pathogenität des Bact. enteritidis Gärtner, das zur Infektion verwandt wurde, beträgt bei großer Virulenz des Stammes 3 bis 5 Tage. Bei geringerer Fütterungspathogenität entsteht nach Elkeles das Bild chronischer Infektion; während der Ausfall des Fütterungsversuches in weiten Grenzen von der verfütterten Bakterienmenge unabhängig zu sein scheint. Die Grenzen der Infektionsdosis liegen zwischen 1/1 000 000 bis zu einer Oese (5). Da aber bei einer allzukurzen Krankheitsdauer nicht mit einer erfolgreichen Einwirkung unipolar geladener Luft zu rechnen war, wurde zuerst ein Infektionsversuch gemacht, der über die Lebensdauer der infizierten Tiere Aufschluß geben sollte.

So wurden 10 weiße Mäuse nach Gewichtsbestimmung in Einzelgläser gesetzt (Tab. II). Um zu erreichen, daß die Tiere gleich-

Tabelle II.

Maus	1 — 11,2 gr	6 — 15,3 gr
	2 — 12,6 „	7 — 16,0 „
	3 — 13,2 „	8 — 16,0 „
	4 — 14,1 „	9 — 17,1 „
	5 — 14,6 „	10 — 17,1 „

Tabelle III.

Lebensdauer der gewichtsmäßig geordneten Mäuse.

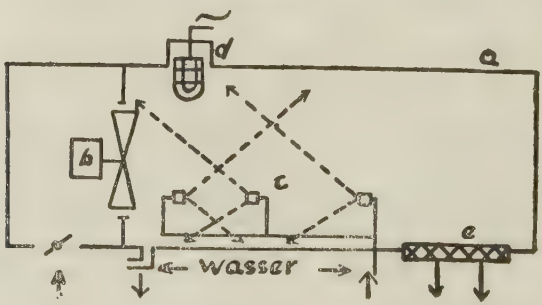
zeitig das gesamte infizierte Futter fraßen, blieben sie fast 24 Stunden ohne Nahrung. Dadurch wurde aber auch zugleich eine erhöhte Krankheitsbereitschaft geschaffen, denn der Nahrungsentzug wirkte so stark, daß zwei Mäuse eingingen, die dann durch zwei unvorbereitete Tiere ersetzt werden mußten. Die Infektion erfolgte in der Art, daß auf ein kleines in Wasser aufgeweichtes Stückchen Weißbrot $^1/_2$ Oese eines am Vortage frisch auf eine Agarplatte überimpften älteren Enteritisstammes verrieben wurde. Das so infizierte Futter setzte ich dann den Tieren in kleinen Schälchen vor. Auch dadurch läßt sich die Gefahr, daß von dem an und für sich schon geringen Infektionsmaterial größere Mengen verschmiert und nicht aufgenommen werden, nicht ganz beheben. Im Verlaufe des Versuches (s. Tab. III) trat der Tod der meisten Tiere innerhalb von 14 Tagen ein. Der Rest der Mäuse erkrankte auch sichtlich in dieser Zeit, um sich später anscheinend wieder zu erholen, bis dann doch plötzlich der Tod erfolgte. Damit glaubte ich, für den folgenden Versuch mit ionisierter Luft einen Infektionsmodus von genügender Zeitdauer gefunden zu haben.

Die Säulenhöhe in Tab. III ließ daran denken, daß das Gewicht der Mäuse nicht ohne Einfluß auf die Krankheitsdauer sei. Daher erschien es ratsam, in den späteren Versuchen weitere Beobachtungen darüber anzustellen.

Kleinklimagerät nach Küster-Meixner und seine Wirkung auf mit Bact. enteritis Gärtner infizierte weiße Mäuse.

Um die Wirkung unipolarer Luftelektrizität an Versuchstieren festzustellen und gleichzeitig die Brauchbarkeit des Kleinklimagerätes nach Küster-Meixner zu erproben, wurde ein 200 m^3 Kleinklimagerät mit Wasserverdüsung und Ultra-Violett-Strahler aus dem Frankfurter Hygienischen Institut entliehen. Nach Meixner (23) ist das Kennzeichnende des Apparates die Kombination von drei Ionisationsquellen; die Ausnutzung des Lenard-Effektes (29)

Skizze IV.



bei Wasserverdüsung, die Benutzung ultravioletter Strahlen zur Ionisation und des Fotoeffektes dadurch, daß das Aluminiumgehäuse, wenn es von U-V-Strahlen getroffen wird, negative Ionen abspaltet. Skizze 4 zeigt den Apparat, bestehend aus dem Aluminiumgehäuse a, dem Lüfterrad b, den Wasserzerstäubungsdüsen c, einem technischen U-V-Strahler d und der Raschich-Ringfilterschicht e, die die mit Bakterien und Staub behafteten Wassertröpfchen zurückhalten soll, und so die ausströmende Luft keim- und staubfrei macht.

Der Apparat liefert keine rein unipolare Luft; da ein Versuch, eine Ionenart zu eliminieren, nicht gemacht ist.

Seine Werte betragen im einzelnen nach Küster (23):

	Negativ-Ionen	Positiv-Ionen
Raumluft allein	562/cm³	520/cm³
U.-V.-Strahler allein	1660/cm³	736/cm³
Wasserzerstäubung allein	1012/cm³	552/cm³
Mit Wasserzerstäubung und U.-V.-Strahler	11410/cm³	2300/cm³

Der Apparat bewirkt also starke negative Ionisation der Luft. Bei einer Verdüsungstemperatur von etwa 13° C. und der um einige Grade höheren Raumtemperatur nimmt die Einatmungsluft einen der Behaglichkeit entsprechenden relativen Feuchtigkeitswert an (23).

Leider fehlen Messungen über Größe und Beweglichkeit der Ionen, deren Kenntnis ja wegen der damit verbundenen biologischen Wirkung von größter Wichtigkeit ist. Nach der Anordnung des Apparates ist zwar anzunehmen, daß es sich um schwere Ionen handelt. Denn einmal erzeugt der U.-V.-Strahler in der Mehrzahl schwere Ionen (14, 16), zum andern können sich die entstehenden leicht beweglichen Ionen an vorhandene Wasserpartikelchen anlagern und so auch schwere Ionen bilden (7). Wie neben anderen auch Dessauer nachwies, entstehen bei der verwendeten Hg-Lampe als UV-Strahler außer Ozon noch nitrose Gase (7, 9, 14, 19), deren Anwesenheit ebenso wie das durch Photoeffekt (39) bewirkte Auftreten von Aluminiumionen wieder die Frage nach dem pharmakologischen Effekt dieser Substanzen aufwirft.

Weiterhin wurde im Laufe der Versuche unangenehm empfunden, daß die „wirksame" aus dem Ionisationsapparat ausströmende Luft in ihrem Temperaturgehalt von zwei Komponenten abhängig war, 1. von der Zimmertemperatur; 2. von der Wasserwärme. Da das Leitungswasser und zugleich damit die ionisierte Luft, in der kalten Jahreszeit eine Abkühlung erfuhren, die an ein gedeihliches Wirken des Apparates Zweifel aufkommen ließen, mußte für weitere Versuche an eine Wärmeregulierung durch Ableiten eines aus der kalten und heißen Leitung gemischten Wasserstrahles gedacht werden. Das ist allein auch schon zwecks gleichbleibender, exakter Versuchsbedingungen erforderlich.

Versuchstiere.

Zu dem Versuch wurden 20 Mäuse genommen, die gewichtsmäßig in zwei möglichst gleichmäßige Gruppen geteilt wurden (s. Tab. V). Dann wurde nach der Infektionsart des angeführten Vorversuches infiziert. Da sich der Enteritisstamm in der Zwischenzeit in seiner Virulenz geändert haben konnte, waren die Ergebnisse des Vorversuches nicht zur Kontrolle zu verwerten. Maus 11 bis 20 wurden daher als Kontrolltiere gehalten, während Maus 1 bis 10 der praktisch unipolar negativ geladenen Luft ausgesetzt wurden. Maus 11 bis 20 sind durchweg etwas schwerer. Da nach dem Vorversuch eine größere Sterblichkeit der leichten Tiere erwartet wurde, wurden sie in der Gruppe zusammengefaßt, die der ionisierten Luft ausgesetzt werden sollte. Eine Lebensverlängerung dieser Tiere mußte dann umsomehr den Erfolg der unipolaren Ionisation zeigen.

Alle Mäuse wurden in einem Nebenraum in runden Einzelgläsern in Heizungsnähe gehalten. Eine Torfschicht sorgte in den Gläsern für genügende Trockenheit und Wärme der empfindlichen Mäuse. Gefüttert wurden die Tiere mit Hafer und kleinen Stückchen Weißbrot, die zwecks Flüssigkeitszufuhr in Wasser aufgeweicht waren.

Tabelle V.

Maus	1 — 9,3 gr	11 — 11,0 gr
	2 — 11,3; 14,3 gr	12 — 11,5 gr
	3 — 12,8 gr.	13 — 13,4; 12,8 gr
	4 — 13,0 gr	14 — 13,4 gr
	5 — 13,3 gr	15 — 13,8 gr
	6 — 14,2 gr	16 — 14,5 gr
	7 — 14,9 gr	17 — 15,4 gr
	8 — 15,6 gr	18 — 16,0 gr
	9 — 16,6 gr	19 — 17,5 gr
	10 — 17,7 gr	20 — 19,1 gr

Da Maus 2 und 13 durch das Hungern eingegangen sind, werden sie durch unvorbereitete Tiere ersetzt.

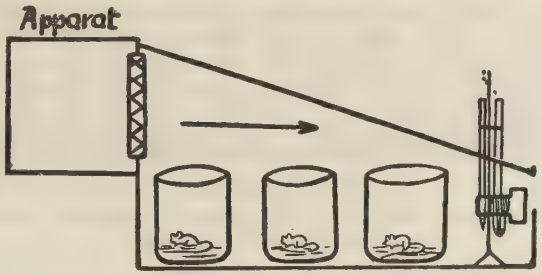
Versuchsanordnung.

Als Versuchsraum stand ein 25 m^3 großer, sonst unbenutzter Raum, zur Verfügung. Der Kleinklimaapparat war so aufgestellt, daß die Versuchstiere in Tischhöhe vor den Apparat gesetzt werden konnten. Durch Anschluß an ein Stromnetz von 220 Volt Wechselstrom wurden der Ventilator und über einen Widerstand die U.-V.-Lampe in Tätigkeit gesetzt. Wasserzu- und -abfluß waren in nächster Nähe vorhanden.

Wie mir Professor Küster mitteilte, setzte er bei seinen Versuchen die Tiere dem direkten Luftstrom des Apparates aus. Das hat evtl. zur Folge, daß neben der reinen Wirkung ionisierter Luft noch andere klimatische Wirkungen auftreten, was sich aber schlecht vermeiden läßt. Darum wählte ich eine ähnliche Versuchsanord-

nung. Um nun einen möglichst überall gleich starken Luftstrom über die zu behandelnden Tiere hinwegstreichen zu lassen, wurde aus starker Pappe ein etwa trichterformiger Kasten mit einer verhältnismäßig engen Ausgangsöffnung hergestellt (s. Tab. VI). Auf besondere Abdichtung wurde dabei kein Wert gelegt, da der Luftstrom des Klimagerätes so stark war, daß an eventuellen Spalten und Oeffnungen ionisierte Luft austreten mußte, aber keine andere eintreten konnte. In dem Kasten wurde kurz vor der Ausgangsöffnung ein Aspirationsspychrometer nach Aßmann aufgestellt, um Feuchtigkeit und Temperatur bei dem Versuche zu bestimmen. Dabei zeigten sich im Laufe der Versuche Durchschnittswerte von 15° Wärme und ein Gehalt von 89,9% relativer Feuchtigkeit. Das

Tabelle VI.



Versuchsanordnung in einer Teilskizze.

heißt ein Feuchtigkeitsgehalt, der bei der kurzen Versuchsdauer durchaus physiologischen Bedingungen entspricht. Dagegen ist die Temperatur für empfindliche Mäuse wohl etwas zu niedrig. Die Mäuse wurden dann mit ihren Gläsern in den Kasten gesetzt. Zuvor wurde jedoch der Drahtdeckel entfernt, um eine Beeinflussung des Ionengehaltes der Einatmungsluft zu vermeiden (29, 40). Ein Versuch, die Mäuse durch ein geerdetes Drahtnetz zu isolieren, wie es Küster (23) und Happel (14) in ihren Versuchen taten, wurde nicht gemacht, da Janitzky (15) nachgewiesen hat, daß die Eigenladung gänzlich unmaßgeblich für das Zurückbleiben elektrischer Ladungen nach der Einatmung ist.

Beginnend mit 10 Minuten wurden die Tiere, bei täglich um 5 Minuten verlängerter Versuchszeit bis zu einer halben Stunde einmal am Tage der Einwirkung negativ ionisierter Luft ausgesetzt. Es zeigte sich, daß das Körpergewicht der Tiere weder bei ionisierter, noch bei nicht ionisierter Luft einen Einfluß auf die Lebensdauer ausübte.

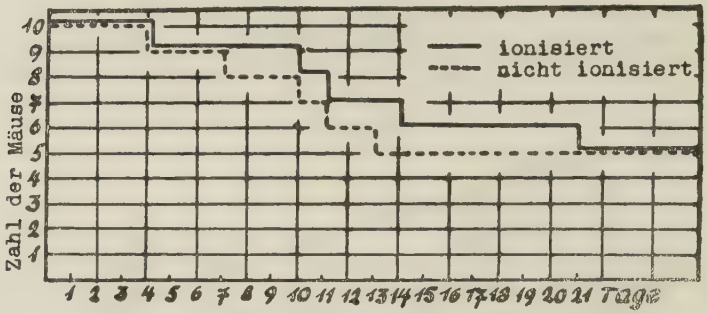
Tabelle VII zeigt in vergleichenden Kurven die Lebensdauer der behandelten und die der unbehandelten Tiere.

Gewertet und in die Kurve eingetragen wurden nur die Tiere, die in den ersten 3 Wochen starben, da bei den noch länger leben-

den zu vermuten war, daß die Infektionsdosis zu schwach gewählt wurde, um noch verwertbare Resultate zu geben.

Jede tote Maus wurde seziert. Abgesehen von meist übermäßig geblähten Darmschlingen, waren makroskopisch keine Veränderungen innerer Organe nachzuweisen. Ausstrichkulturen von Blutüberimpfungen aus Herz und Leber der verstorbenen Tiere auf Endo-Platten zeigten nach 24 Stunden Enteritiskolonien. Der endgültige Nachweis

Tabelle VII.



Absterbekurve.
Vergleich über die Lebensdauer ionisierter und nicht ionisierter Mäuse.

der Bakteriämie mit Bac. enteritidis Gärtner wurde durch Agglutination erbracht. Nach einem Testversuch mit der Infektionskultur wurde die Agglutination der jeweilig gewonnenen Kultur mit Gärtner-Serum und zur Kontrolle mit Typhus-Serum vorgenommen. Bis auf Maus 12, die schon am zweiten Tage starb, und im gefärbten Ausstrichpräparat plumpe, gramnegative Kurzstäbchen zeigte, fiel bei allen anderen die Agglutination positiv aus. Damit war der Tod dieser Mäuse an der applizierten Keimart gesichert. (Maus 12 wurde in Tabelle VII nicht gewertet).

Ergebnis:

Wie aus Tabelle VII hervorgeht, ist bei den mit Bact. enteritis Gärtner infizierten Mäusen eine geringe Lebensverlängerung der ionisierten Tiere gegenüber den nicht ionisierten zu verzeichnen.

Dieser Erfolg zeigte, daß die Einatmung mit dem Kleinklimagerät nach Küster-Meixner erzeugter negativer Ionen auch Infektionskrankheiten des Darmtraktes zu beeinflussen vermag. Dabei kann allerdings die Mitwirkung anderer Faktoren, z. B. des in der ionisierten Luft entstehenden Ozons nicht ausgeschlossen werden. Das Versuchsergebnis bewegt sich also in der gleichen Richtung wie Küsters Resultate, der bei seinen Versuchen mit chronisch verlaufenden Krankheiten, Tuberkulose, Sarkom und Carcinom

bei Mäusen ebenfalls eine Lebensverlängerung der ionisierten Tiere feststellte.

Da nicht zu erwarten war, daß ein allzu rascher Infektionsverlauf bei Mäusen, die mit Bact. enteritidis Gärtner infiziert wurden, durch eine täglich höchstens 30 Minuten dauernde Ionisation therapeutisch beeinflußt werden konnte, suchte ich durch die Verwendung eines älteren, weniger virulenten Enteritisstammes einen protrahierten Krankheitsverlauf zu erzielen. Erst dadurch war die Möglichkeit gegeben, daß sich erkennbare Unterschiede zwischen ionisierten und nicht ionisierten Tieren ergeben konnten, wie sie in Tab. VII zur Darstellung gelangt sind.

Zur Bestätigung und Sicherstellung einer durch Einatmung ionisierter Luft erzielbaren Lebensverlängerung sollten die Versuche jedoch mit einer größeren Anzahl von infizierten Versuchstieren fortgesetzt werden. Unter den augenblicklichen Verhältnissen stieß aber die Beschaffung größerer Tiermengen auf Schwierigkeiten. Außerdem war durch meine in Aussicht stehende militärische Einziehung die Durchführung weiterer, länger dauernder Versuchsreihen in Frage gestellt. Daher mußten die geplanten und teilweise vorbereiteten Versuche an größeren Tiermengen und mit anderen Infektionserregern vorerst zurückgestellt werden.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. W. Pfannenstiel für die Ueberlassung des Themas, die freundlichen Anregungen und die wertvollen Ratschläge, die er mir bei der Anfertigung der Arbeit zuteil werden ließ, sowie Herrn Dr. Büsing und Frl. Stern für ihre Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Bélak: Uebt die Unipolarität der Luft physiologische Wirkungen aus? Sonderdruck a. d. Ztschr. f. Infekt.-Krankheiten, III. Bd., Heft 5
2. Achler: Inaugural-Dissertation, Marburg 1939.
3. De Rudder: Wetter und Jahreszeiten als Krankheitsfaktoren. Berlin, Jul. Springer 1931.
4. Arnoldi: Einfluß des Wetters und der Jahreszeit auf Krankheitszustände. Med. Welt 1936, S. 294.
5. Elkeles und Standfuß: Handb. d. pathol. Mikroorganismen. 3. Aufl., Bd. III_2, S. 1634.
6. Dörfler: Untersuchungen über Luftionen in Marburg. Biokl. Beibl. 1937, Heft 3.
7. Dessauer: 10 Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet.
8. Edström: Ref. Balneologe 1934, S. 192.
9. Amelung und Landsberg: Kernzählungen in Freiluft und Zimmerluft. Biokl. Beibl. 1934, S. 53.
10. Edström: Der Einfluß unipolar beladener Luft auf die Chronaxie motorischer Nerven. Ztschr. f. d. ges. physik. Therapie, Bd. 42, 1932.
11. Pfleiderer: Deutsche Gesellsch. f. innere Medizin. Wiesbaden 1935.
12. Klotz: Ueber die Wetterempfindlichkeit, elektrischer Leitfähigkeit der Luft und vegetatives System. Med. Welt 1936, S. 295.
13. Schmid: Biologische Wirkungen der Luftelektrizität mit Berücksichtigung der künstlichen Ionisierung. Verlag Paul Haupt. Berlin-Leipzig 1936.
14. Happel: in: 10 Jahre Forschung auf dem physikal.-med. Grenzgebiet. (Dessauer)
15. Janitzky: in: 10 Jahre Forschung auf dem physikal.-med. Grenzgebiet. (Dessauer)
16. Wolodkewitsch und Dessauer: in: 10 Jahre Forschung auf dem physikal.-med. Grenzgebiet. (Dessauer).
17. Hoelper: Einfluß der Luftelektrizität auf den Körper. Med. Welt. Sonderabdruck Nr. 7.
18. Israel: Luftelektrische Messungen im Hochgebirge und ihre mögliche bioklimatische Bedeutung. Gerlands Beitr. zur Geophysik. (Köppenband III), 34, 164, 1931.
19. Kestner: in: 10 Jahre Forschung auf dem physikal.-med. Grenzgebiet. S. 128. (Dessauer)
20. Israel: Gerlands Beiträge z. Geophysik 1931, S. 173.
21. Straßburger: in: 10 Jahre Forschung auf dem physikal.-med. Grenzgebiet. (Dessauer).
22. Isral: Aerosole und Ionen als Klimafaktoren. Biokl. Beibl. 1934, Heft 1, S. 32.
23. Meixner: Heizung und Lüftung, 1934. Heft 10, Bd. XIII, S. 145.
24. Linke: Die physikalisch-meterologischen Grundlagen d. mediz. Klimatologie. Sonderabdr. a. d. Verhandl. d. Deutsch. Ges. f. innere Med. XLVII. Kongreß, Wiesb. 1935.
25. Maurer: Wetter u. Jahreszeit i. d. Chirurgie. Vorträge a. d. prakt. Chirurgie, 21. Heft, 1938.
26. Kaßner: Ruhr und Wetter. Biokl. Beibl. 1935, S. 31.
27. Happich: Deutsche Med. Wochenschr. 1938_1, S. 665.

28. Munk: Deutsche Med. Wochenschr. 1934, S. 1624.
29. Linke: Zur Physik des künstlichen Klimas. Der Balneologe 1939, S. 244.
30. Flohn: Grundfragen der Meteoropathologie vom meteorologischen punkt. Biokl. Beibl. 1938, Heft 1.
31. Wilhelmy, A. und Wilhelmy, E.: Ref. Balneologe 1934, S. 48.
32. Wirth und Lauchheimer: Ref. Biokl. Beibl. 1934, S. 193.
33. Storm, van Leeuwen und Mitarbeiter: Luftelektrizität und Föhnkrankheit. Gerlands Beitr. z. Geophysik 38, 407, 1933.
34. Küster: in: Organismus und Umwelt. 2. wissenschaftl. Woche z. Frankf. a. M., 28.—30. Juni 1939. Verl. v. Th. Steinkopff 1939, Dresden und Leipzig.
35. Schulz: Ztschr. f. d. ges. physikal. Therapie. Bd. 45, Heft 3,
36. — — Biokl. Beibl. 1937, Heft 1.
Biokl. Beibl. 1934, Heft 1.
37. Nekludow, W. N., Nekludow, E. A. und Boschewolnow: Ref. Biokl. Beibl. 1936, S. 42.
38. Schulz: Ionenzählungen in Bad Ems. Biokl. Beibl. 1937, Heft 1, S. 8.
39. — — Künstliche Ionisation durch verschiedene Ionisationsquellen und ihre Veränderlichkeit in einem kleinen, abgeschlossenen Raum. Sonderdruck Biokl. Beibl. Bd. I, H. 1, 1934.
40. Flach: Münchn. Med. Wochenschr. 1936, S. 1922.

Lebenslauf.

Am 19. September 1916 wurde ich, Friedrich Baumgarten, als Sohn des Baumeisters Walter Baumgarten und seiner Ehefrau Marie, geb. Töberich, in Detmold geboren.

Nach dreijährigem Volksschulbesuch war ich 9 Jahre auf dem Gymnasium des Leopoldinums in Detmold. Dort bestand ich im Februar 1935 meine Reifeprüfung.

Anschließend diente ich ein halbes Jahr im Freiwilligen Arbeitsdienst, um im Herbst 1935 an der Universität Marburg/Lahn mein Medizinstudium aufzunehmen. Nach dem 2. Semester wechselte ich nach Bestehen des I. Teiles der Vorprüfung die Universität und ging nach Freiburg i. Br. Von dort kehrte ich im 5. Semester nach Marburg zurück, um den II. Teil der Vorprüfung abzulegen.

Die folgenden klinischen Semester studierte ich je eines in Rostock und München, das 8., 9. und 10. Semester wieder in Marburg, wo ich im Frühjahr 1940 die ärztliche Prüfung abzulegen beabsichtige.

Meine akademischen Lehrer waren:

in Marburg: Alverdes, Baumann, Becher, Bersin, Claussen, Dittler, Falk, Förster, Gremels, Grüneisen, Grüter, Kehrer, Kestermann, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Meerwein, Mondry, Pfannenstiel, Ruete, Versé, Winkler, Wiskott, Zeiger;
in Freiburg: Hoffmann, Kapfhammer, Nagel, Nauck;
in Rostock: Curschmann, Fischer, Gißl, Hansen, Lehmann;
in München: Borst, Brünings, Kißkalt, Magnus, Schittenhelm, Straub.